

■事業の目的・目標

≪目的≫ 微細藻類技術の向上を図り、2030 年頃のバイオジェット燃料生産技術に係る確実な市場形成および社会実装に資するため、様々な条件下での微細藻類種ごとの実証データ取得が可能なテストベッドを含む研究拠点を整備し、事業化にあたっての課題の解決や培養工程でのCO₂利用効率を向上させるための手法の検討等を行う。

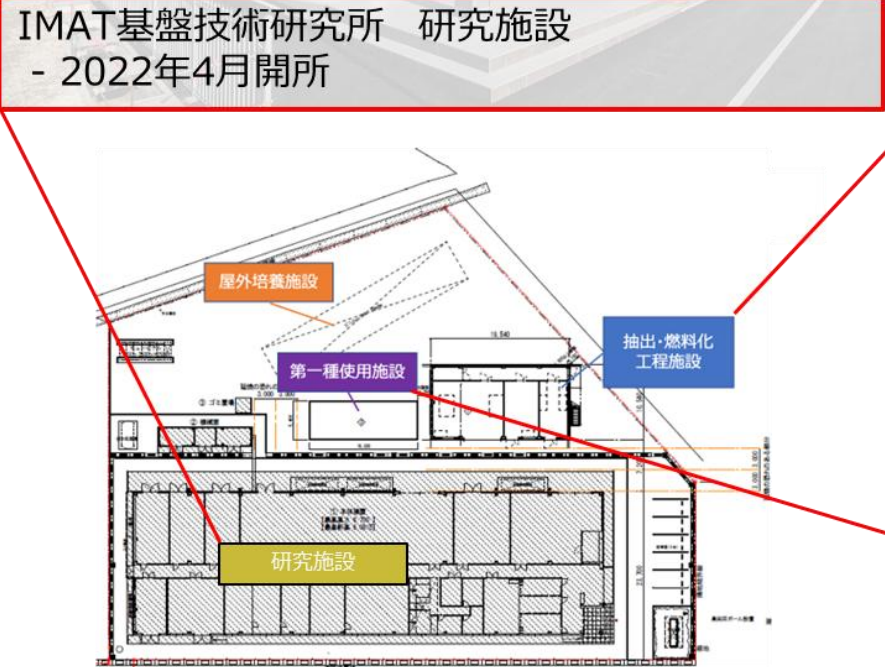
≪目標≫ 微細藻類培養・分析に関する標準化手法の確立と技術経済・環境影響分析の実施を行う。また微細藻類由来バイオジェット燃料製造プロセスのモデルケース設計を実施する。

■2024年の主な成果

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
1.「国内基盤拠点」の整備 ・設備の追加および拠点設備のメンテナンス ・企業/大学の外部組織との連携強化 ・事業支援団体としての知名度向上 ・組織体制の充実化 ・自主自立に向けた組織体制の検討			必要に応じて追加	拠点稼働に伴うメンテナンス 各社とのヒアリング G7、BioJapan、再エネ展 人員の追加 自主自立に向けた調査	
2.標準条件の設定 ・標準測定、分析手法の整備 ・標準培養条件の整備 ・分析手法の標準化		一般的な手法の整備 標準手法の検討 生産したバイオマスを用いて、分析手法の検討		脂質の詳細分析 標準培養条件の確立 生産したバイオマスを用いて、分析手法の検討	
3.CO₂および排ガスの微細藻類培養への応用および技術経済・環境影響分析 ・LCA, TEA ・排ガスの微細藻類培養への応用 ・下流工程の選定				取得したデータから試算 大崎クールジェンのGCC CO ₂ を利用 収穫・乾燥・抽出から最適な工程を選定	
4.産業化への課題解決 ・実証データ比較・分析 ・第一種使用設備の建設、運用				取得データの精度検証 改変株の検証設備の建設・運用	

1.「国内研究拠点」の整備

(1) IMATで整備した「国内研究拠点」としての施設



- 2022年に開所した施設には、シード室、培養室、収穫・乾燥室、分析設備を配備。微細藻類の選定から工程検証と、得られたバイオマスの解析を目的としている。
- 2024年に竣工した施設には、抽出設備、遺伝子試験室、屋外設備を配備。屋外培養の課題解決や微細藻類の改良、プロセスの環境影響評価を目的としている。

(2) 自主自立に向けたIMATの役割（目指す方向）

微細藻類のCO₂固定は数百ha以上の規模拡大（培養プラント）が必須となるが、サステナブルな産業を構築可能＝発展する技術

↓ しかし・・・

現行の多くのルールが欧州発
日本はルールに従う形でのガイドライン策定
ルール作りは国際的に優位となるように取組み状態

サステナブルな産業を推進する評価・基準作り・ルールメイキングを我が国発信で構築する

日本微細藻類技術協会 IMAT	消費者	国・政府
✓ 微細藻類業界初の評価機関 ✓ 評価機関を牽引する団体 ✓ 評価・基準作りでの収益	✓ サステナブルな製品利用 ✓ 環境意識への向上 ✓ 微細藻類のビジネス創出	✓ サステナブルな国づくり ✓ 国際的な競争力の向上 ✓ 石油代替としての国益

- 長期的に微細藻類の認証機関として業界を牽引していくことは、IMATのこれまでの知見と技術力を最大限に活かすことができる戦略となる
- 持続可能な社会の実現に貢献するとともに、新たな事業成長の機会を創出し、今後の市場動向や技術進展を注視しつつ、認証機関構築に向けた具体的な検討を進める

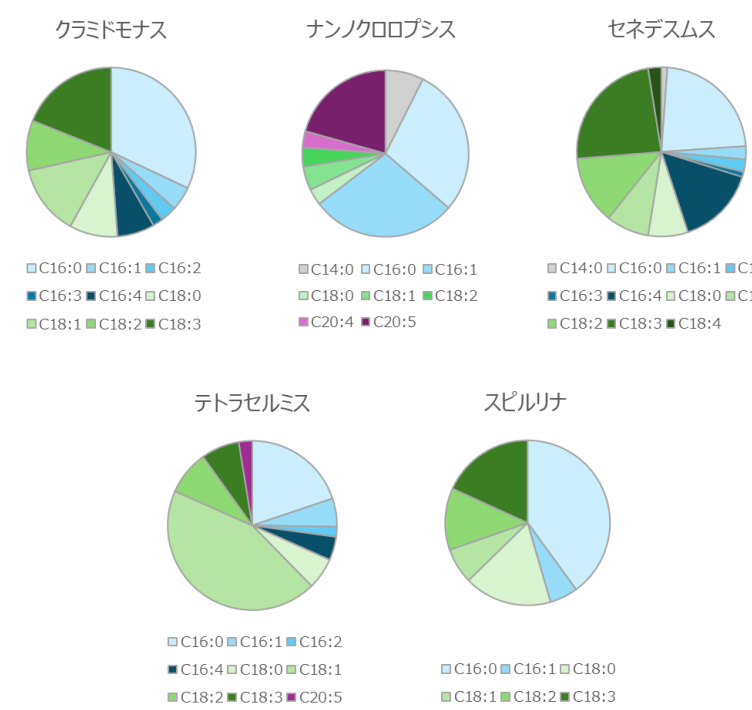
2.標準条件の設定

(1) 分析および培養条件の標準化

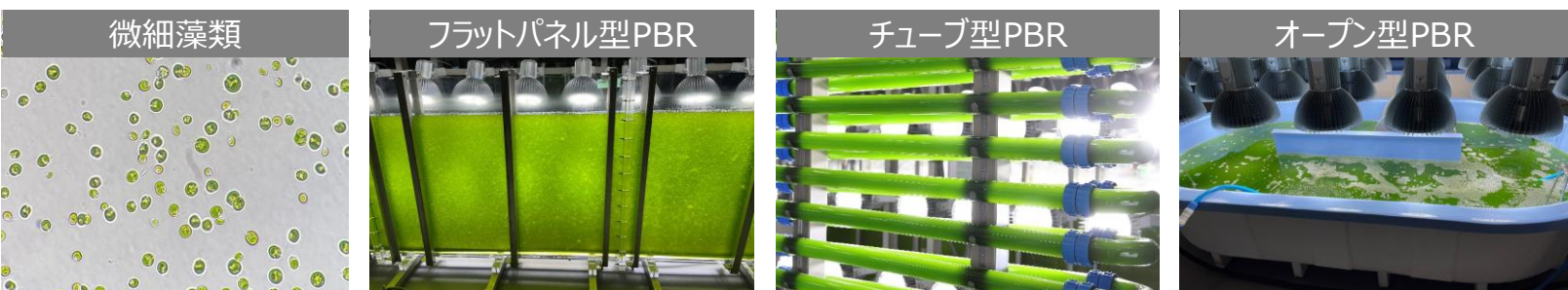
標準分析手法

- ✓ バイオマス生産性：乾燥重量測定（ASTM D5907）
乾燥条件：105℃×≥60min
- ✓ タンパク質の定量：ケルダール法（AOAC 984.13）
- ✓ 総脂質の定量：酸分解法（AOAC 954.02-199L）
- ✓ 灰分の定量：灰化法（AOAC 942.05）
- ✓ 炭水化物の定量：差し引き法（AOAC 986.25）
- ✓ 脂肪酸組成分析：メチルエステル化-GCMS（抽出溶媒：CHCl₃/MeOH）

＜各種微細藻類の脂肪酸組成＞

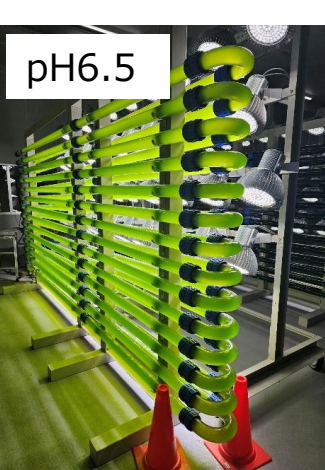


標準培養条件



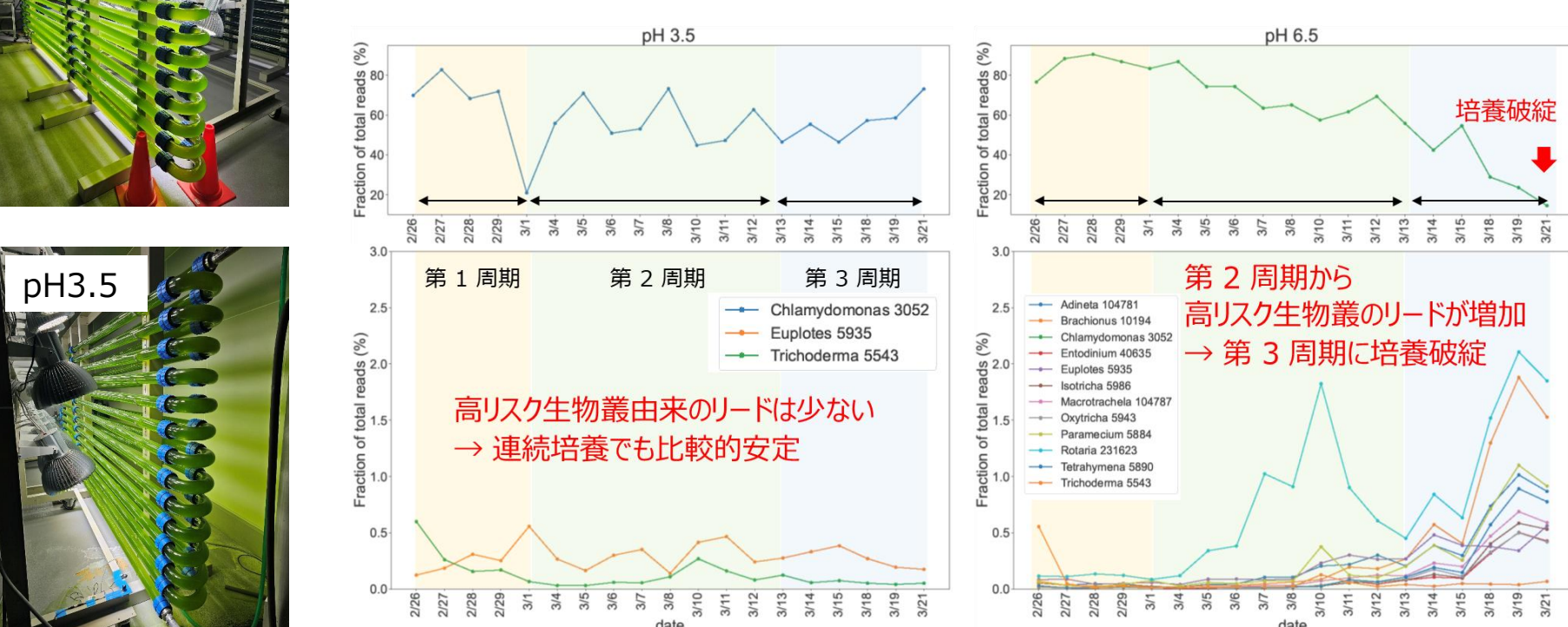
微細藻類種	培地	pH	CO ₂ 濃度	培地	pH	CO ₂ 濃度	培地	pH	CO ₂ 濃度
Chlamydomonas reinhardtii CC1010	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後
Scenedesmus obliquus UTEX 293	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後	BG11	7.5 前後	3.0 % 前後
Spirulina plantensis UTEX3086	SOT	9.0 前後	0.9～1.6 %	SOT	9.0 前後	0.9～3.5 %	SOT	9.0 前後	0.4～1.0 %
Nannochloropsis oceanica NIES-2145	F/2	7.8 前後	1.0 % 未満	F/2	7.8 前後	1.0 % 未満	F/2	7.8 前後	1.0 % 未満
Tetraselmis suecica UTEX LB2286	F/2	7.8 前後	3.0 % 前後	F/2	7.8 前後	3.0 % 前後	F/2	7.8 前後	3.0 % 前後
Botryococcus braunii	Chu13	7.0 前後	3.0 % 前後	Chu13	7.0 前後	3.0 % 前後	Chu13	7.0 前後	3.0 % 前後

(2)培養環境の健全性に関する検出



解析手順

- ① サンプリング、ゲノム抽出および PCRフューショットガシーケンス
- ② データベースから read の系統分類 (kraken2)
- ③ 存在量推定 (bracken)



不安定な培養環境（pH6.5）では、リスク生物の事前検出が可能であることを検証できた

■実用化・事業化の見通し

計画通りに、微細藻類のゲノム編集・遺伝子改変技術から培養・収穫・抽出工程に至る事業化を見据えた実証データの取得と分析評価が可能な『国内基盤拠点』を整備でき、各工程を組み入れた一貫プロセスのLCAとTEA解析による課題の見える化を達成した。微細藻類産業をバックアップできる体制が整ったことにより、各企業のニーズに応えられる団体として活動を進めていく。

■課題『国内基盤拠点』としての実績作り・微細藻類産業の健全な発展を促す機関としての役割。

■今後の取組

- 微細藻類の実証データ取得可能な『国内基盤拠点』としての役割を果たし、事業化を支援する。
- 品質、安全性、持続可能性という要素の信頼性を担保するための第三者認証機関を目指す。

3.排ガスの微細藻類培養への応用および技術経済環境影響分析

【計算の前提条件】

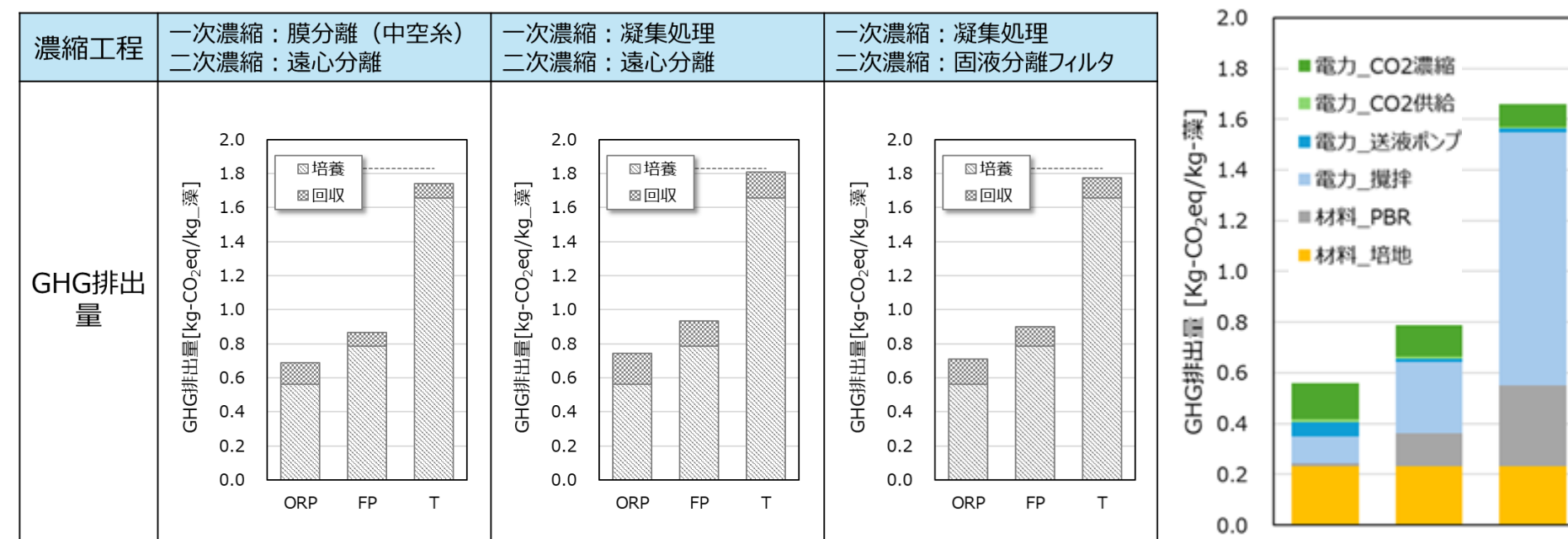
培養工程	ORP	FP-PBR	T-PBR
面積	2,153ha	888ha	1,048ha
培養槽の長さ	200m	50m	40m
槽数/培養工ト	20基	576基	576基
培養コスト価格	9,299千円	1,026千円	706千円
償却期間	25年		
CO ₂ 単価	6円/kg CO ₂		
水単価	46円/m ³		
肥料単価	53円/kg（原案）		
電力単価	15.3円/kWh		
電力GHG原単位	0.205kg CO ₂ /kWh @サワク州		
水更新頻度	6回/年		

収穫工程	一次濃縮	膜分離（中空糸膜）
装置		住友電工製膜ユニット
Flux		1.0m/day
洗浄		メーカ推奨に準拠
膜交換		1回/2年
二次濃縮		遠心分離
装置		アルファ・ラリル製

一次濃縮：省エネ & 高処理速度
二次濃縮：高濃度に濃縮できる

【GHG排出量の計算結果】

培養から濃縮工程までのGHG排出量



【TEA解析の一例】

TEA解析（培養：ORP、一次濃縮：膜分離、二次濃縮：遠心分離）

増殖速度 20.1, 13.4, 6.7 g/m ² /D	207.5	273.3
水単価 5, 46, 100 円/m ³	213.0	258.6
培養材交換頻度 10, 5, 2 年/回	213.7	289.7
膜Flux 2.0, 1.0, 0.5 m ³ /D	213.7	270.7
膜交換頻度 5, 2, 1 年/回	214.6	262.9
培養材価格 531, 759, 987 円/m ²	221.3	244.1
電力単価 7, 15, 35 円/kWh	223.5	254.6
膜濃縮濃度 20, 10, 5 g/L	224.2	249.7
培養槽価格 6.2, 9.3, 13.9 百万円/槽	224.8	244.6
CO ₂ 価格 2, 6, 38 円/kg	229.1	261.4
膜ろ過時間 17, 12, 7 min/サイクル	230.4	238.4
用地価格 42, 53, 70 円/kg（原案）	230.5	236.3
CO ₂ 利用効率 80, 60, 45 %	231.1	234.8
換料条件 0.21, 0.26, 0.31 kW/m ²	231.2	234.2
水リサイクル有無 有り, 無し	232.7	312.6

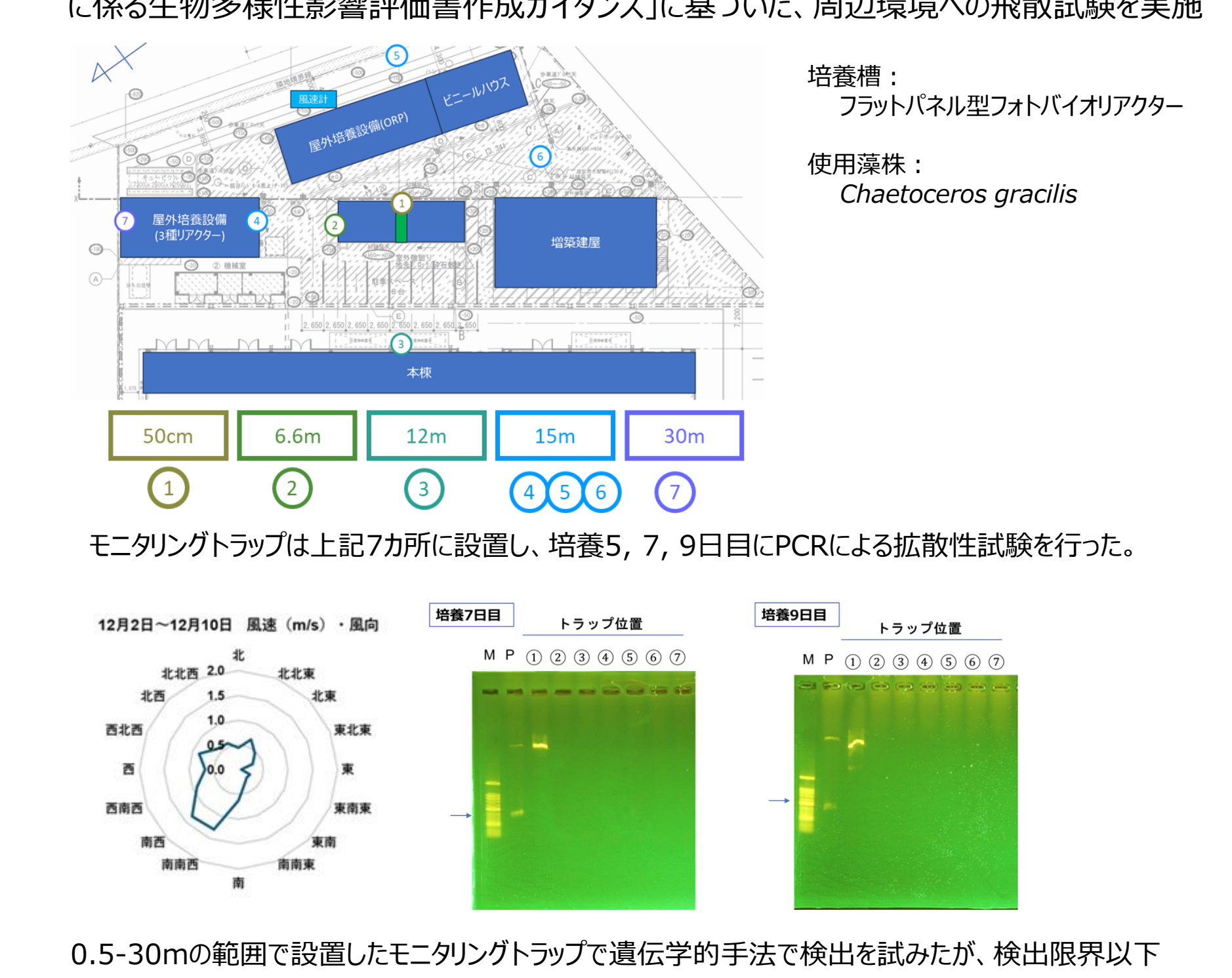
微細藻類生産コスト [円/kg_藻]

4.産業化への課題解決

(1) IMATで選定した微細藻類種および、他プロジェクトで報告された微細藻類のデータを用い各培養システムと濃縮工程のLCAとTEA解析を実施し、SAF実現に向けた対策を抽出した

	解析結果	必要な対策
全体	✓ 現在の増殖速度では、TEA解析のベストケースでも藻体生産コストは130～200円/kg	✓ 残渣利用（製品化） ✓ 培養・収穫工程の自動化
培養工程	✓ バイオ燃料レベルの価格を想定すると、一人で管理する培養や収穫装置の数が多い	✓ 培養施設の回遊策
環境性	✓ 現状では、GHG排出量と生産コストへの寄与度は、培養工程が大半を占めている	✓ 培養工程の改善に重点を置く
経済性	✓ アミノ酸添加によるCO ₂ 濃縮電力のGHG排出寄与度が比較的大きい	✓ 低電力のCO ₂ 濃縮技術
収穫工程	✓ 培養における消費電力が大きく、火力発電の電力源ではGHG排出削減が難しい	✓ 機種の省エネ（後期の機種停止等）
分離	✓ 100円/kgレベルの藻体生産コスト実現には、増殖速度の向上が最も効果的	✓ 増殖速度（生産性）向上
水熱化	✓ 培養施設が高コストに大きく影響	✓ 培養施設の建設費削減
分離	✓ 培養材（ライナー、プラスチック）が、藻体生産コストに大きく影響	✓ 培養材の価格低減、交換頻度の向上
分離	✓ 無機炭素源のPACについて、GHG排出量およびコストへの寄与度が大きい	✓ 適切な無機炭素源の選定（低価格、低GHG排出量、環境適合性など）
分離	✓ バイオマスに凝縮剤が混入するため、残渣利用する際には注意が必要	✓ Flux、膜交換頻度の低減化
分離	✓ 培養液量の多いORPのケースでは、中空糸膜価格が藻体生産コストに影響する	✓ 濃縮濃度の向上（≥20g/L）
分離	✓ 一次濃縮濃度向上の藻体生産コスト削減効果も比較的大きい	✓ 80%含水率での試料供給
分離	✓ 乾燥工程が必要であり、本工程におけるEPRとコストの両面で、微細藻バイオ燃料を実現できる可能性も考えられる。ただし、残渣利用ができれば、微細藻バイオ燃料の生産コスト160円/L（仮推定）にするには、藻体生産コストを88円/kgまで低減する必要がある。	✓ フラッシング防止（熱伝悪化） ✓ 連続処理の実現

(2) 第一種使用検証試験を用い、「遺伝子組換え真核微細藻類の第一種（開放系）使用に係る生物多様性影響評価書作成ガイドライン」に基づいた、周辺環境への飛散試験を実施



0.5-30mの範囲で設置したモニタリングトラップで遺伝学的手法で検出を試みたが、検出限界以下